

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : Atsushi Horiguchi et al.
Filed : August 26, 2003

Art Unit : Unknown
Examiner : Unknown

Title : PHOTODETECTOR

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT UNDER 35 USC §119

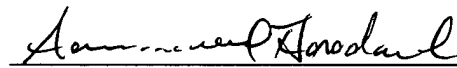
Applicants hereby confirm their claim of priority under 35 USC §119 from Japanese
Application No. 2002-245343 filed August 26, 2002

A certified copy of the application from which priority is claimed is submitted herewith.

Please apply any charges or credits to Deposit Account No. 06-1050.

Respectfully submitted,

Date: 8/26/03



Samuel Borodach
Reg. No. 38,388

Fish & Richardson P.C.
45 Rockefeller Plaza, Suite 2800
New York, New York 10111
Telephone: (212) 765-5070
Facsimile: (212) 258-2291

30158754.doc

CERTIFICATE OF MAILING BY EXPRESS MAIL

Express Mail Label No. EU284282927US

August 26, 2003
Date of Deposit

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2002年 8月26日

出願番号

Application Number:

特願2002-245343

[ST.10/C]:

[JP 2002-245343]

出願人

Applicant(s):

九州安藤電気株式会社

安藤電気株式会社

2003年 6月18日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3047560

【書類名】 特許願

【整理番号】 K02-6-1

【提出日】 平成14年 8月26日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H04B 10/00

【発明の名称】 光検出器

【請求項の数】 5

【発明者】

 【住所又は居所】 熊本県上益城郡益城町大字田原 2 0 8 1 番 2 8 九州安藤電気株式会社内

 【氏名】 堀口 篤

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区蒲田五丁目 2 9 番 3 号 安藤電気株式会社内

 【氏名】 森 徹

【特許出願人】

 【識別番号】 599089239

 【氏名又は名称】 九州安藤電気株式会社

【特許出願人】

 【識別番号】 000117744

 【氏名又は名称】 安藤電気株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100064908

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 志賀 正武

【選任した代理人】

 【識別番号】 100108578

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】 100089037

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 隆

【選任した代理人】

【識別番号】 100101465

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100094400

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴木 三義

【選任した代理人】

【識別番号】 100107836

【弁理士】

【氏名又は名称】 西 和哉

【選任した代理人】

【識別番号】 100108453

【弁理士】

【氏名又は名称】 村山 靖彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008707

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0111017

【包括委任状番号】 9719557

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光検出器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 演算増幅器と、

当該演算増幅器の反転入力端に接続され、被検出光の光量に応じた信号を出力するフォトダイオードと、

抵抗値が各々異なる複数のフィードバック抵抗と、

これらフィードバック抵抗のうち、最大抵抗値のフィードバック抵抗を除く他のフィードバック抵抗の各一端が接続された入力端あるいは前記最大抵抗値のフィードバック抵抗の一端に代えて無接続状態とされた入力端を選択的に演算増幅器の出力端に接続するアナログスイッチとを備え、

前記最大抵抗値のフィードバック抵抗は、一端が演算増幅器の出力端に接続される一方、他端が演算増幅器の反転入力端に接続され、

他のフィードバック抵抗の他端は演算増幅器の反転入力端に接続される

ことを特徴とする光検出器。

【請求項 2】 他のフィードバック抵抗のうち、抵抗値が高いフィードバック抵抗の他端を抵抗値が小さいフィードバック抵抗と直列接続することを特徴とする請求項 1 記載の光検出器。

【請求項 3】 アナログスイッチが最大抵抗値のフィードバック抵抗の一端に代えて無接続状態とされた入力端及び直列接続されたフィードバック抵抗の各一端が接続された入力端を選択して演算増幅器の出力端に接続する場合に当該演算増幅器の出力端を選択し出力電圧 V_{out} として外部に出力すると共に、アナログスイッチが前記無接続状態とされた入力端及び直列接続されたフィードバック抵抗の各一端が接続された入力端を除くフィードバック抵抗の一端が接続された入力端を選択した場合には、アナログスイッチが選択したと同様のフィードバック抵抗の一端を選択し出力電圧 V_{out} として外部に出力する第 2 のアナログスイッチをさらに具備することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光検出器。

【請求項 4】 一端が演算増幅器の出力端に接続される一方、他端が演算増幅器の反転入力端に接続され、最大抵抗値のフィードバック抵抗よりも高い抵抗

値を有する付加フィードバック抵抗と、

該付加フィードバック抵抗以外のフィードバック抵抗の各他端の演算増幅器の反転入力端への接続／乖離を行うメカニカルリレーと、をさらに備えることを特徴とする請求項 3 記載の光検出器。

【請求項 5】 付加フィードバック抵抗以外のフィードバック抵抗の各他端演算増幅器の反転入力端から乖離した場合に、前記付加フィードバック抵抗以外のフィードバック抵抗の各他端を接地する第 2 のメカニカルリレーを備えることを特徴とする請求項 4 記載の光検出器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、フォトダイオードを用いて受光した光の強度を検出する光検出器に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、この種の光検出器は、フォトダイオードの出力を演算増幅器で増幅して出力するものであり、図 4 は、従来の光検出器の一構成例を示す回路図である。この光検出器 A は、演算増幅器 1 と、当該演算増幅器 1 の反転入力端に接続されたフォトダイオード 2 と、一端がアナログスイッチ 3 の各入力端接続されると共に他端が演算増幅器 1 の反転入力端に共通接続された複数（ n 個）のフィードバック抵抗 $R S 1 \sim R S n$ と、これらフィードバック $R S 1 \sim R S n$ の一端を選択的に演算増幅器 1 の出力端に接続するアナログスイッチ 3 とから構成されている。このような光検出器は、フォトダイオード 2 の発生電流 $I p$ とアナログスイッチ 3 によって選択されたフィードバック抵抗 $R S 1 \sim R S n$ の何れかの抵抗値 $R i$ とによって演算増幅器 1 の出力電圧 $V out$ が規定される一種のフィードバック増幅器である。

【0003】

各フィードバック抵抗 $R S 1 \sim R S n$ の各抵抗値 $R 1 \sim R n$ の間には下式（1）で示される大小関係が設定されている。

$$R_n > R_{n-1} > \dots > R_i > R_{i-1} > \dots > R_1 \quad (1)$$

また、このようなフィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn}$ の各抵抗値 $R_1 \sim R_n$ の間には、測定レンジの連続性を確保するために下式 (2) の関係が設定されている。すなわち、各フィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn}$ は、抵抗値 $R_1 \sim R_n$ の上記大小関係において互いに隣り合う抵抗同士の抵抗値の比率が 10 倍となるように設定されている。

$$R_i / R_{i-1} = 10 \quad (2)$$

【0004】

このように抵抗値 $R_1 \sim R_n$ が設定された n 個のフィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn}$ とアナログスイッチ 3 とは、フォトダイオード 2 で検出される光の強度に応じた測定レンジを設定するためのものであり、アナログスイッチ 3 によって各フィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn}$ を順次選択することにより測定レンジが設定される。

【0005】

また、上記演算増幅器 1 の出力電圧 V_{out} は、フォトダイオード 2 の発生電流 I_p とフィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn}$ の抵抗値 $R_1 \sim R_n$ とアナログスイッチ 3 の ON 抵抗 R_{on} とに基づいて式 (3) によって与えられる。

$$V_{out} = - (R_i + R_{on}) \times I_p \quad (3)$$

この出力電圧 V_{out} を測定することにより、発生電流 I_p 、つまりフォトダイオード 2 が受光した光の強度が求められる。ここで、上記 ON 抵抗 R_{on} は、数十～数百オーム程度であり、フィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn}$ の各抵抗値 $R_1 \sim R_n$ に比較して小さいが、周囲温度によって急激に変動するため、出力電圧 V_{out} に基づいて発生電流 I_p を求める際の誤差要因となる。

【0006】

図 5 に示す光検出器 B は、上記 ON 抵抗 R_{on} の影響を排除するものであり、フィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn}$ の他端を選択して出力電圧 V_{out} として外部に出力する第 2 のアナログスイッチ 4 が設けられている。このような光検出器 B によれば、出力電圧 V_{out} はフィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn}$ とアナログスイッチ 3 との間から取り出されるので、アナログスイッチ 3 の ON 抵抗 R_{on} に関わりなく

規定される。したがって、光検出器 B によれば、当該 ON 抵抗 R_{on} に起因する誤差を解消される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、測定値を取得する時間間隔をサンプリングインターバルというが、このサンプリングインターバルが短い程、測定値を短時間で取得することができる。上記従来の光検出器におけるサンプリングインターバルは、フィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn}$ をアナログスイッチ 3 で切り替えるのに必要な時間によって決定される。したがって、アナログスイッチ 3 としてはより高速切り替えの可能なものが選定されるが、アナログスイッチ 3 を使用した場合には、入力端や出力端等の静電容量による電荷の充放電に時間を要するため、結果的にサンプリングインターバルをあまり短くできないという問題がある。

【0008】

図 6 は、上記アナログスイッチ 3 の等価回路である。C1 は入力端と出力端との間の静電容量を示し、C2 は入力端の静電容量を示し、また C3 は出力端の静電容量を示している。静電容量 C2, C3 は数十 pF 程度であり、静電容量 C1 は 0. 数～数 pF 程度である。

図 7 は、切替時刻 T_0 おいてフィードバック抵抗 R_{Si} をフィードバック抵抗 R_{Si-1} に切り替えたときにおける上記出力電圧 V_{out} の時間変化を示している。

フィードバック抵抗 R_{Si} が選択されているときにおける出力電圧 V_{out} を電圧 V_1 であり、また発生電流 I_p は一定であるとした場合、上記切替時刻 T_0 以降の出力電圧 V_{out} は下式 (4) によって与えられる。

$$V_{out} = R_{i-1} / R_i \times V_1 = V_2 \quad (4)$$

このように与えられる出力電圧 V_{out} を電圧 V_2 とすると、当該電圧 V_2 は、上述した式 (2) より式 (5) と表される。

$$V_2 = 1 / 10 \times V_1 \quad (5)$$

【0009】

ここで、アナログスイッチ 3 は、上述したように入出力端子間に静電容量 C1 を持つ。図 4 の光検出器 A では、アナログスイッチ 3 の n 個の入力端が各々にフ

フィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn}$ を介して演算増幅器 1 の反転入力端に接続されているため、フィードバック抵抗 R_{Si} は、上記静電容量 $C1$ によって等価的に数 pF の静電容量 C_f (等価静電容量) が並列接続された状態にあると見なせる。このため、フィードバック抵抗 R_{Si} をフィードバック抵抗 R_{Si-1} に切り替えたときにおける出力電圧 V_{out} の時間変化は、図 7 において線 A で示した形の緩和特性となる。

【 0 0 1 0 】

この緩和特性の時定数 τ_a は下式 (6) によって与えられる。

$$\tau_a = R_i \times C_f = R_{i-1} \times C_f \quad (6)$$

またこのとき、フィードバック抵抗 R_{Si} に接続されたアナログスイッチ 3 の入力端の静電容量 $C2$ には、切替時刻 $T0$ 以前に電圧 $V1$ が印加されているが、切替時刻 $T0$ でアナログスイッチ 3 がフィードバック抵抗 R_{Si-1} を選択した後は、上記静電容量 $C2$ に充電されていた電荷が放電される。この放電電流 I_d は下式 (7) によって与えられる。

$$I_d = V1 / R_i \times \exp(-t / \tau_b) \quad (7)$$

なお、この式 (7) における時定数 τ_b は、下式 (8) によって与えられる。

$$\tau_b = R_i \times C2 \quad (8)$$

【 0 0 1 1 】

上記放電電流 I_d は、切替時刻 $T0$ 後にフィードバック抵抗 R_{Si-1} に流れ、出力電圧 V_{out} の変化に電圧 V_d として現れる。この電圧 V_d は、下式 (9) のように表される。

$$V_d = R_{i-1} / R_i \times V1 \times \exp(-t / \tau_b) \quad (9)$$

このような放電電流 I_d に基づく電圧 V_d は、図 7 における点線 B のように変化するものとなる。

すなわち、出力電圧 V_{out} は、上記線 A と点線 B との合成特性として図 7 の線 C のような変化特性となる。

【 0 0 1 2 】

図 8 は、上記切替時刻 $T0$ 以降の誤差の時間変化を示した図である。ここで、誤差は出力電圧 V_{out} を上記電圧 $V2$ で除算したものの絶対値である。上記線 A で

示した放電電流 I_d を考慮しない出力電圧 V_{out} の場合、図 8 の線 A で示した誤差の時間変化となり、誤差が 0.01 になるまで必要な時間（収束時間）は T_A である。これに対して、図 8 の線 C で示した放電電流 I_d を考慮した出力電圧 V_{out} の場合には、図 8 の線 B で示した誤差の時間変化となり、上記線 A と同等な誤差になるまで必要な収束時間は T_B となり、上記収束時間 T_A よりもかなり長い。

【 0 0 1 3 】

例えば、 $R_i = 10\text{ M}\Omega$ 、 $R_{i-1} = 1\text{ M}\Omega$ 、 $C_f = 2\text{ pF}$ 、 $C_2 = 10\text{ pF}$ とした場合、 $\tau_a = 2\text{ }\mu\text{sec}$ 、 $T_A = 10\text{ }\mu\text{sec}$ 、 $\tau_b = 100\text{ }\mu\text{sec}$ 、 $T_B = 450\text{ }\mu\text{sec}$ となる。また、フィードバック抵抗 R_{Si-2} からフィードバック抵抗 R_{Si-1} に切り替えた場合にもフィードバック抵抗 R_{Si-2} を経由する放電電流は流れるが、この場合の時定数 τ_b は上記定数を用いると、式 (2) の関係に基づいてフィードバック抵抗 R_{Si-2} の抵抗値 $R_{i-2} = 100\text{ K}\Omega$ となるので、 $1\text{ }\mu\text{sec}$ ($= 100\text{ K}\Omega \times 10\text{ pF}$) となり、上記時定数 τ_a よりも短いため、あまり問題とならない。

【 0 0 1 4 】

このようにフィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn}$ を高抵抗値から低抵抗値に切り替えた場合には放電電流が高抵抗を経由するため、その緩和時間は非常に長いものとなる。このため、サンプリングインターバルを短くすることができず、高強度から低強度に亘る光の強度を高速に連続測定することが困難となる。

【 0 0 1 5 】

本発明は、上述する問題点に鑑みてなされたもので、高強度から低強度の光量を連続的に高速測定することを目的とする。

【 0 0 1 6 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明では、第 1 の手段として、演算増幅器と、当該演算増幅器の反転入力端に接続され、被検出光の光量に応じた信号を出力するフォトダイオードと、抵抗値が各々異なる複数のフィードバック抵抗と、これらフィードバック抵抗のうち、最大抵抗値のフィードバック抵抗を除く他のフィードバック抵抗の各一端が接続された入力端あるいは前記最大抵抗値のフィ

ードバック抵抗の一端に代えて無接続状態とされた入力端を選択的に演算増幅器の出力端に接続するアナログスイッチとを備え、前記最大抵抗値のフィードバック抵抗は、一端が演算増幅器の出力端に接続される一方、他端が演算増幅器の反転入力端に接続され、他のフィードバック抵抗の他端は演算増幅器の反転入力端に接続されるという構成を採用する。

【 0 0 1 7 】

また、第2の手段として、上記第1の手段において、他のフィードバック抵抗のうち、抵抗値が高いフィードバック抵抗の他端を抵抗値が小さいフィードバック抵抗と直列接続するという構成を採用する。

【 0 0 1 8 】

第3の手段として、上記第1または第2の手段において、アナログスイッチが最大抵抗値のフィードバック抵抗の一端に代えて無接続状態とされた入力端及び直列接続されたフィードバック抵抗の各一端が接続された入力端を選択して演算増幅器の出力端に接続する場合に当該演算増幅器の出力端を選択し出力電圧 V_{out} として外部に出力すると共に、アナログスイッチが前記無接続状態とされた入力端及び直列接続されたフィードバック抵抗の各一端が接続された入力端を除くフィードバック抵抗の一端が接続された入力端を選択した場合には、アナログスイッチが選択したと同様のフィードバック抵抗の一端を選択し出力電圧 V_{out} として外部に出力する第2のアナログスイッチをさらに具備するという構成を採用する。

【 0 0 1 9 】

第4の手段として、上記第3の手段において、一端が演算増幅器の出力端に接続される一方、他端が演算増幅器の反転入力端に接続され、最大抵抗値のフィードバック抵抗よりも高い抵抗値を有する付加フィードバック抵抗と、該付加フィードバック抵抗以外のフィードバック抵抗の各他端の演算増幅器の反転入力端への接続／乖離を行うメカニカルリレーとをさらに備えるという構成を採用する。

【 0 0 2 0 】

第5の手段として、上記第4の手段において、付加フィードバック抵抗以外のフィードバック抵抗の各他端演算増幅器の反転入力端から乖離した場合に、前記

付加フィードバック抵抗以外のフィードバック抵抗の各他端を接地する第2のメカニカルリレーを備えるという構成を採用する。

【0021】

【作用】

本発明によれば、高速化への障害となる高抵抗値のフィードバック抵抗の配置をアナログスイッチの入出力端子間容量の影響を低減すべく、最大抵抗値のフィードバック抵抗をアナログスイッチを介することなく演算増幅器の反転入力端子と出力端子との間に介挿する。また、この最大抵抗値のフィードバック抵抗を除く他のフィードバック抵抗については、アナログスイッチを介して演算増幅器の反転入力端子と出力端子との間に介挿するが、抵抗値の高いフィードバック抵抗の他端を抵抗値の低いフィードバック抵抗の一端と接続することにより、フィードバック抵抗の選択変更による測定レンジの連続性を損なうことなく、入出力端子間容量の影響を弱めている。

【0022】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、本発明に係わる光検出器の一実施形態について説明する。なお、以下の説明では、既に説明した図4あるいは図5の光検出器と同一の構成要素については同一符号を付している。

【0023】

〔第1実施形態〕

図1は、本発明の第1実施形態に係わる光検出器の回路図である。この光検出器Cは、図示するように、図4に示した従来の光検出器Aと同一の構成要素から構成されているが、フィードバック抵抗 R_{Sn-1} 、 R_{Sn} の接続関係が光検出器Aとは相違する。すなわち、この光検出器Cでは、最大抵抗値のフィードバック抵抗 R_{Sn} は、一端が演算増幅器1の出力端に接続される一方、他端が演算増幅器1の反転入力端に接続されている。

【0024】

すなわち、従来の光検出器Aでは最大抵抗値のフィードバック抵抗 R_{Sn} の一端がアナログスイッチ3の入力端に接続されていたが、本光検出器Cでは、最大

抵抗値のフィードバック抵抗 R_{Sn} の一端を演算増幅器 1 の出力端に直接接続している。なお、このような大抵抗値のフィードバック抵抗 R_{Sn} の一端の接続変更に伴い、従来の光検出器 A において大抵抗値のフィードバック抵抗 R_{Sn} の一端が接続されていたアナログスイッチ 3 の入力端は無接続状態となっている。

【 0 0 2 5 】

また、上記最大抵抗値のフィードバック抵抗 R_{Sn} を除く他のフィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn-1}$ のうち、最大抵抗値のフィードバック抵抗 R_{Sn} の次に抵抗値が大きいフィードバック抵抗 R_{Sn-1} は、次に抵抗値が大きいフィードバック抵抗 R_{Sn-2} と直列接続させるべく、その他端が当該フィードバック抵抗 R_{Sn-2} の一端に接続されている。

【 0 0 2 6 】

このように構成された光検出器 C は、アナログスイッチ 3 によってフィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn}$ の選択を切り替えることによって測定レンジが切り替わる。そして、このような測定レンジの切り替えによって、高強度から低強度に亘る所定範囲の光強度に対応した出力電圧 V_{out} を出力する。

【 0 0 2 7 】

ここで、最大抵抗値のフィードバック抵抗 R_{Sn} は、アナログスイッチ 3 を介することなく、演算増幅器 1 の出力端と反転入力端との間に直接接続されているので、当該最大抵抗値のフィードバック抵抗 R_{Sn} を用いて測定レンジを設定した状態から、次に抵抗値が大きいフィードバック抵抗 R_{Sn-1} を選択して測定レンジを切り替えた場合に、アナログスイッチ 3 が有する静電容量の影響を受けることなく、出力電圧 V_{out} が高速に定常値に収束する。

【 0 0 2 8 】

また、最大抵抗値のフィードバック抵抗 R_{Sn} を用いて測定レンジを設定した状態ではフォトダイオード 2 の発生電流 I_p は全て最大抵抗値のフィードバック抵抗 R_{Sn} に流れて出力電圧 V_{out} が設定されるが、アナログスイッチ 3 が次に抵抗値が大きいフィードバック抵抗 R_{Sn-1} を選択して測定レンジを切り替えた場合には、フォトダイオード 2 の発生電流 I_p は、最大抵抗値のフィードバック抵抗 R_{Sn} と、上記次に抵抗値が大きいフィードバック抵抗 R_{Sn-1} と当該フィード

バック抵抗 R_{Sn-1} の次に抵抗値が大きいフィードバック抵抗 R_{Sn-2} との直列抵抗とに分流する。

【 0 0 2 9 】

この場合の出力電圧 V_{out} は、上記 3 つのフィードバック抵抗 $R_{Sn-2} \sim R_{Sn}$ の合成抵抗値を R_s とすると下式 (10) のように表される。

$$V_{out} = -R_s \times I_p \quad (10)$$

また、上記合成抵抗 R_s は下式 (11) によって与えられる。

$$R_s = \{ (R_{n-2} + R_{n-1}) // R_n \} \quad (11)$$

さらに、各フィードバック抵抗 $R_{Sn-2} \sim R_{Sn}$ の抵抗値 $R_{n-2} \sim R_n$ には、上述した式 (1), (2) の関係が成立しているので、各抵抗値 $R_{n-2} \sim R_n$ の関係は下式 (12) のようになる。

$$R_{n-1} = 10 R_{n-2}, \quad R_n = 100 R_{n-2} \quad (12)$$

すなわち、上記合成抵抗値 R_s は下式 (13) のように表されるので、フィードバック抵抗 R_{Sn-1} の抵抗値 R_{n-1} とほぼ等しい値となり、式 (2) の条件はほぼ満足される。したがって、測定レンジの連続性は確保される。

$$R_s = 9.91 R_{n-2} \quad (13)$$

【 0 0 3 0 】

さらに、上記状態からアナログスイッチ 3 によってフィードバック抵抗 R_{Sn-2} を選択することにより測定レンジを切り替えた場合、アナログスイッチ 3 においてフィードバック抵抗 R_{n-1} の一端が接続されていた入力端子の入力容量 C_2 に充電された電荷は、フィードバック抵抗 R_{Sn-1} を介して放電されることになる。しかし、フィードバック抵抗 R_{Sn-1} の他端は、フィードバック抵抗 R_{Sn-2} の一端と共にアナログスイッチ 4 を介して内部抵抗が小さい演算増幅器 1 の出力端に接続されているので、入力容量 C_2 に蓄積された電荷は、フィードバック抵抗 R_{Sn-1} とアナログスイッチ 4 とを介して演算増幅器 1 の出力に放電される。

【 0 0 3 1 】

従来の光検出器 A では、フィードバック抵抗 R_{Sn-1} の他端が高内部抵抗である演算増幅器 1 の反転入力端に接続されているため、入力容量 C_2 の電荷は、フィードバック抵抗 R_{Sn-1} とフィードバック抵抗 R_{Sn-2} とを介して演算増幅器 1

の出力に放電される。このフィードバック抵抗 R_{Sn-2} に流れる放電電流が誤差として出力電圧に現れる。本光検出器 C では、フィードバック抵抗 R_{Sn-1} とアナログスイッチ 4 を介して放電されるため、出力電圧にこの影響は殆ど現れない。したがって、本光検出器 C によれば、測定レンジの連続性を確保しつつ、サンプリングインタバルを短縮することができる。

【 0 0 3 2 】

〔第 2 実施形態〕

次に、図 2 は、本発明の第 2 実施形態に係わる光検出器 D の回路図である。

本光検出器 D は、上記第 1 実施形態の光検出器 C に第 2 のアナログスイッチ 4 を付加したものである。

【 0 0 3 3 】

この第 2 のアナログスイッチ 4 は、アナログスイッチ 3 が無接続状態とされた入力端及び直列接続されたフィードバック抵抗 R_{Sn-1} 、 R_{Sn-2} の各一端が接続された入力端を選択して演算増幅器 1 の出力端に接続する場合において演算増幅器 1 の出力端を選択して外部に出力電圧 V_{out} を出力し、またアナログスイッチ 3 が無接続状態とされた入力端及び直列接続されたフィードバック抵抗 R_{Sn-1} 、 R_{Sn-2} の各一端が接続された入力端以外のフィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn-3}$ の一端が接続された入力端を選択した場合においては、アナログスイッチ 3 が選択したと同様のフィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn-3}$ の一端を選択して外部に出力電圧 V_{out} を出力する。

【 0 0 3 4 】

すなわち、この光検出器 D は、測定レンジを設定するためにアナログスイッチ 3 がフィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn-3}$ を選択した場合は、出力電圧 V_{out} をアナログスイッチ 3 の入力端側から取り出すので、アナログスイッチ 3 の ON 抵抗 R_{on} の影響を受けることなく、精度の良い出力電圧 V_{out} を得ることができる。

【 0 0 3 5 】

これに対して、アナログスイッチ 3 が無接続状態とされた入力端を選択した場合、つまり測定レンジを設定するために最大抵抗値のフィードバック抵抗 R_{Sn} が用いられる場合、及び測定レンジを設定するために直列接続されたフィードバ

ック抵抗 R_{Sn-1} , R_{Sn-2} の各一端が接続された入力端をアナログスイッチ 3 が選択した場合には、演算増幅器 1 の出力端から出力電圧 V_{out} を直接取り出す。すなわち、この場合において、測定レンジの設定用に最大抵抗値のフィードバック抵抗 R_{Sn} が用いられるときは、当該フィードバック抵抗 R_{Sn} は演算増幅器 1 の出力端と反転入力端との間に直接介挿されているので、アナログスイッチ 3 の ON 抵抗 R_{on} の影響を受けることなく精度の良い出力電圧 V_{out} を得ることができる。

【 0 0 3 6 】

この一方、アナログスイッチ 3 が測定レンジを設定するためにフィードバック抵抗 R_{Sn-1} , R_{Sn-2} の各一端が接続された入力端を選択した場合には、アナログスイッチ 3 を介してフィードバック抵抗 R_{Sn-1} とフィードバック抵抗 R_{Sn-2} とが演算増幅器 1 の出力端と反転入力端との間に直接介挿される、あるいはアナログスイッチ 3 を介してフィードバック抵抗 R_{Sn-2} が演算増幅器 1 の出力端と反転入力端との間に直接介挿されることになるので、アナログスイッチ 3 の ON 抵抗 R_{on} の影響を受けることになる。しかしながら、ON 抵抗 R_{on} は、通常 $100\ \Omega$ 以下であり、これに対してフィードバック抵抗 R_{Sn-1} , R_{Sn-2} の抵抗値 R_{n-1} , R_{n-2} は数 $M\ \Omega$ オーダーの高抵抗値であるため、ON 抵抗 R_{on} の影響は極めて小さく無視できるものである。

【 0 0 3 7 】

〔第 3 実施形態〕

さらに、図 3 は、本発明の第 3 実施形態に係わる光検出器 E の回路図である。この光検出器 E は、上記第 2 実施形態の光検出器 D に対して、一端が演算増幅器 1 の出力端に接続される一方、他端が演算増幅器 1 の反転入力端に接続され、最大抵抗値のフィードバック抵抗 R_{Sn} よりも高い抵抗値を有する付加フィードバック抵抗 R_{Sn+1} と、この付加フィードバック抵抗 R_{Sn+1} 以外のフィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn}$ の各他端の演算増幅器 1 の反転入力端への接続／乖離を行うメカニカルリレー 5 と同端子の接地／開放を行うメカニカルリレー 6 とを付加したものである。なお、この付加フィードバック抵抗 R_{Sn+1} の抵抗値 R_{n+1} は、当然に式 (2) の条件を満足するもの、つまりフィードバック抵抗 R_{Sn} の抵抗値 R_n

の 1 0 倍である。

【 0 0 3 8 】

ここで、第 2 実施形態の光検出器 D では、アナログスイッチ 3 の $(n-1)$ 個の入力端子がフィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn}$ を介して演算増幅器 1 の反転入力端に接続された状態にあるため、高抵抗のフィードバック抵抗 R_{Sn} を測定レンジの設定用に用いた場合、パターンやアナログスイッチのリークにより等価的に演算増幅器 1 のゲインが大きくなり雑音が増大するという問題点がある。また、アナログスイッチ 3 は、端子間容量 C_1 を持つので、高抵抗のフィードバック抵抗 R_{Sn} を測定レンジの設定用に用いた場合には、光量の変化に対する応答が遅れてしまい、よって高速な測定ができない。

【 0 0 3 9 】

しかしながら、本光検出器 E によれば、付加フィードバック抵抗 R_{Sn+1} を測定レンジの設定用に用いる場合には、メカニカルリレー 5 を開状態に設定して、付加フィードバック抵抗 R_{Sn+1} 以外の全フィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn}$ の各他端を演算増幅器 1 の反転入力端から切り離す。この状態における測定レンジは、最大抵抗値のフィードバック抵抗 R_{Sn} を用いる測定レンジよりも、さらに強度の小さい光を検出するためのものであり、上記問題は生じない。なお、当該付加フィードバック抵抗 R_{Sn+1} を用いた測定レンジへの切り替えには、アナログスイッチ 3 及び第 2 のアナログスイッチ 4 よりも切り替え時間が長いメカニカルリレー 5 の切り替えを必要とするため、他の測定レンジからの切り替えに時間を要する。

【 0 0 4 0 】

これに対して、付加フィードバック抵抗 R_{Sn+1} 以外のフィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn}$ を用いて測定レンジを設定する場合には、メカニカルリレー 5 を閉状態とする。この場合、メカニカルリレー 5 の ON 抵抗は、アナログスイッチ 3 に比較して小さいので、出力電圧 V_{out} の精度に殆ど影響しない。フィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn}$ を用いて測定レンジを切り替える場合には、メカニカルリレー 5 の状態を切り替える必要はないので、スムーズな測定レンジの切り替えが担保される。

【 0 0 4 1 】

ここで、付加フィードバック抵抗 R_{Sn+1} を用いる測定レンジの状態では、フィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn}$ の一端はアナログスイッチ 3 を介して演算増幅器 1 の出力端に接続されているため、フィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn}$ の他端は演算増幅器 1 の反転入力端の電位と異なる。したがって、当該フィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn}$ の他端をメカニカルリレー 5 を閉状態に切り替えることにより演算増幅器 1 の反転入力端に接続した場合つまり測定レンジを切り替えた場合、一時的に演算増幅器 1 が飽和してしまうために、出力電圧 V_{out} が定常電圧に収束するまでに時間を要する。このような事情に対して、フィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn}$ の他端に第 2 のメカニカルリレーを設け、付加フィードバック抵抗 R_{Sn+1} を用いて測定レンジを設定しているときには、フィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn}$ の他端を接地しておくことが考えられる。

【 0 0 4 2 】

なお、上記各実施形態では、最大抵抗値のフィードバック抵抗 R_{Sn} の次に抵抗値が大きい 2 つのフィードバック抵抗 R_{Sn-1} , R_{Sn-2} を直列に接続しているが、この 2 つのフィードバック抵抗 R_{Sn-1} , R_{Sn-2} のうち、抵抗値が小さい方のフィードバック抵抗 R_{Sn-2} を測定レンジの設定用に用いたときの放電電流 I_d の緩和時間が問題となる場合には、フィードバック抵抗 R_{Sn-1} , R_{Sn-2} に加えて次に抵抗値が大きいフィードバック抵抗 R_{Sn-3} をも直列接続するようにしても良い。すなわち、光検出器 C～E において、フィードバック抵抗 R_{Sn-2} の他端を次に抵抗値が大きいフィードバック抵抗 R_{Sn-3} の一端に接続する。

【 0 0 4 3 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、演算増幅器と、当該演算増幅器の反転入力端に接続され、被検出光の光量に応じた信号を出力するフォトダイオードと、抵抗値が各々異なる複数のフィードバック抵抗と、これらフィードバックのうち、最大抵抗値のフィードバック抵抗を除く他のフィードバック抵抗の各一端が接続された入力端あるいは前記最大抵抗値のフィードバック抵抗の一端に代えて無接続状態とされた入力端を選択的に演算増幅器の出力端に接続するアナログ

スイッチとを備え、前記最大抵抗値のフィードバック抵抗は、一端が演算増幅器の出力端に接続される一方、他端が演算増幅器の反転入力端に接続され、他のフィードバック抵抗の他端は演算増幅器の反転入力端に接続されるので、すなわち、最大抵抗値のフィードバック抵抗をアナログスイッチを介することなく演算増幅器の反転入力端子と出力端子との間に介挿するので、アナログスイッチの入出力端子間容量の影響を低減することが可能であり、したがって高強度から低強度の光量を連続的に測定する際におけるサンプリングインターバルを短縮することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 実施形態に係わる光検出器 C の回路図である。

【図 2】 本発明の第 2 実施形態に係わる光検出器 D の回路図である。

【図 3】 本発明の第 3 実施形態に係わる光検出器 E の回路図である。

【図 4】 従来技術の一例としての光検出器 A の回路図である。

【図 5】 従来技術の他の例としての光検出器 B の回路図である。

【図 6】 アナログスイッチ 3 の等価回路である。

【図 7】 出力電圧 V_{out} の変化を示す説明図である。

【図 8】 出力電圧 V_{out} の誤差を示す説明図である。

【符号の説明】

A ～ E …… 光検出器

$R_{S1} \sim R_{Sn}$ …… フィードバック抵抗

R_{Sn+1} …… 付加フィードバック抵抗

1 …… 演算増幅器

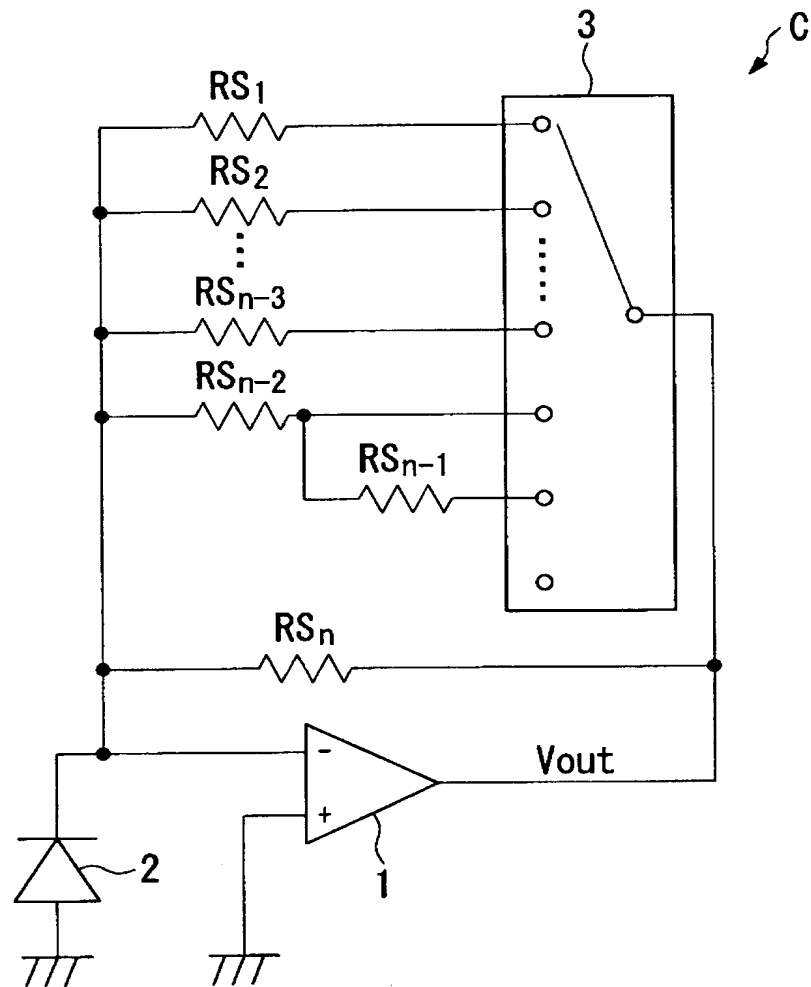
2 …… フォトダイオード

3, 4 …… アナログスイッチ

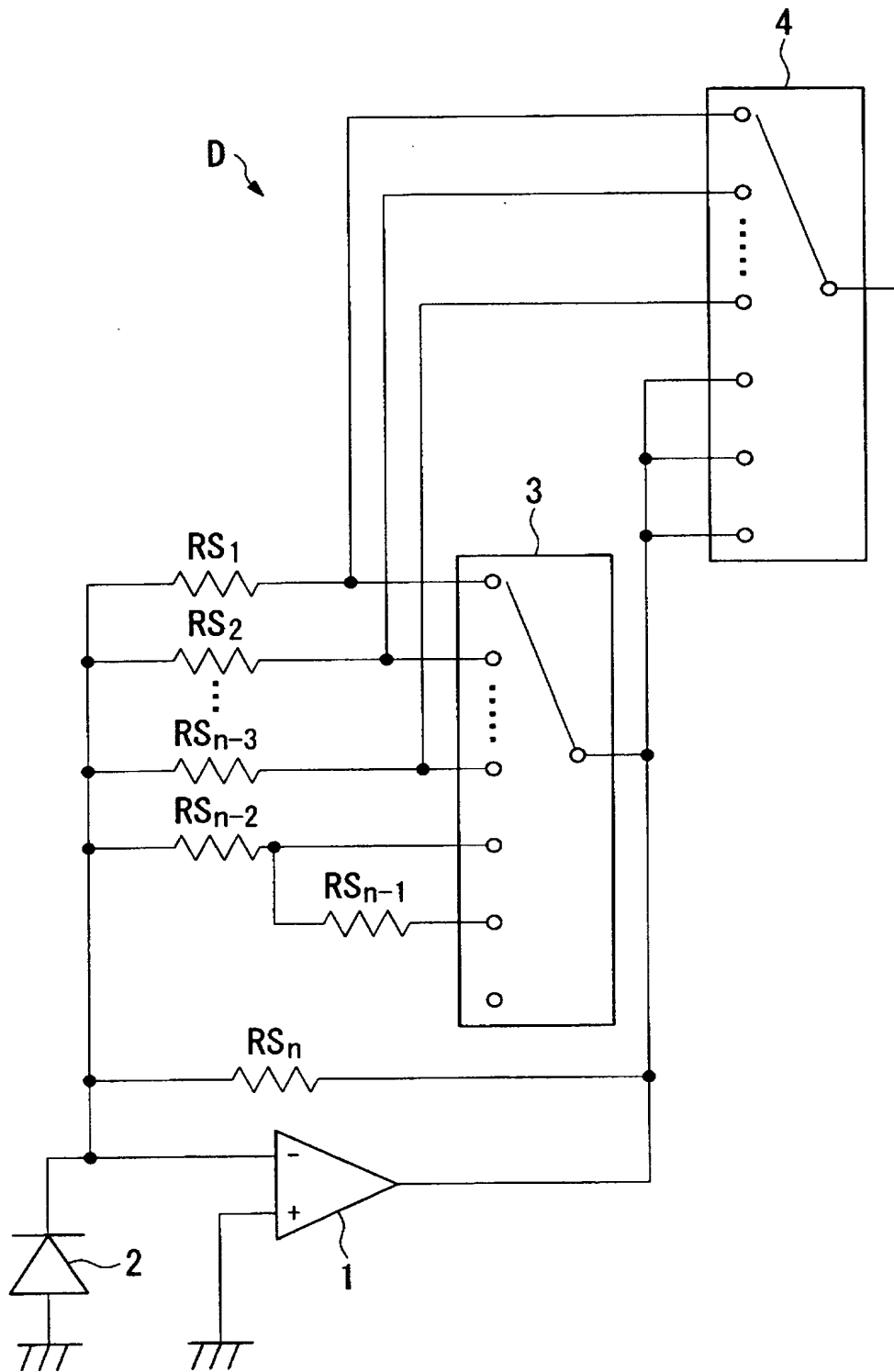
5 …… メカニカルリレー

【書類名】 図面

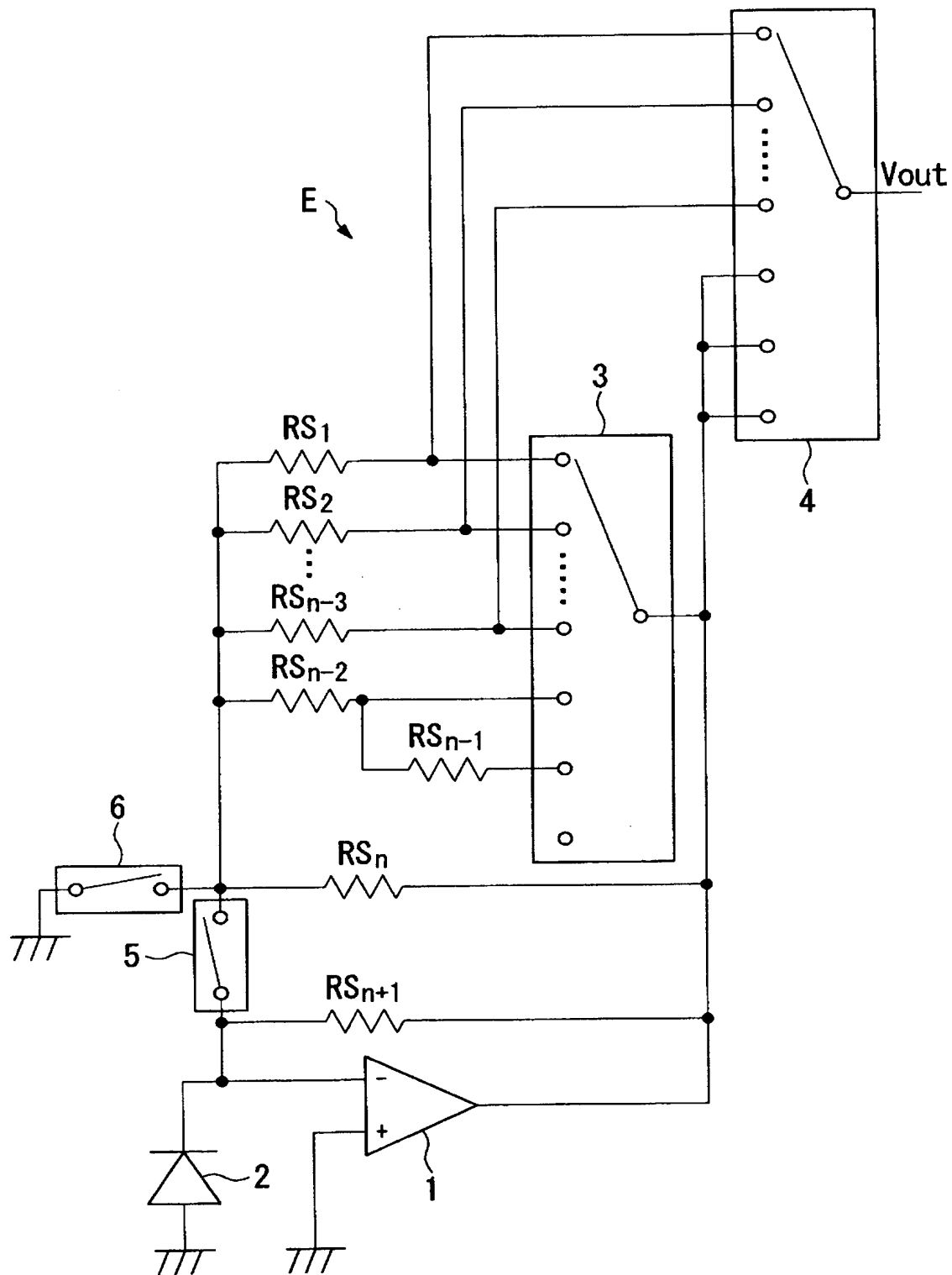
【図 1】



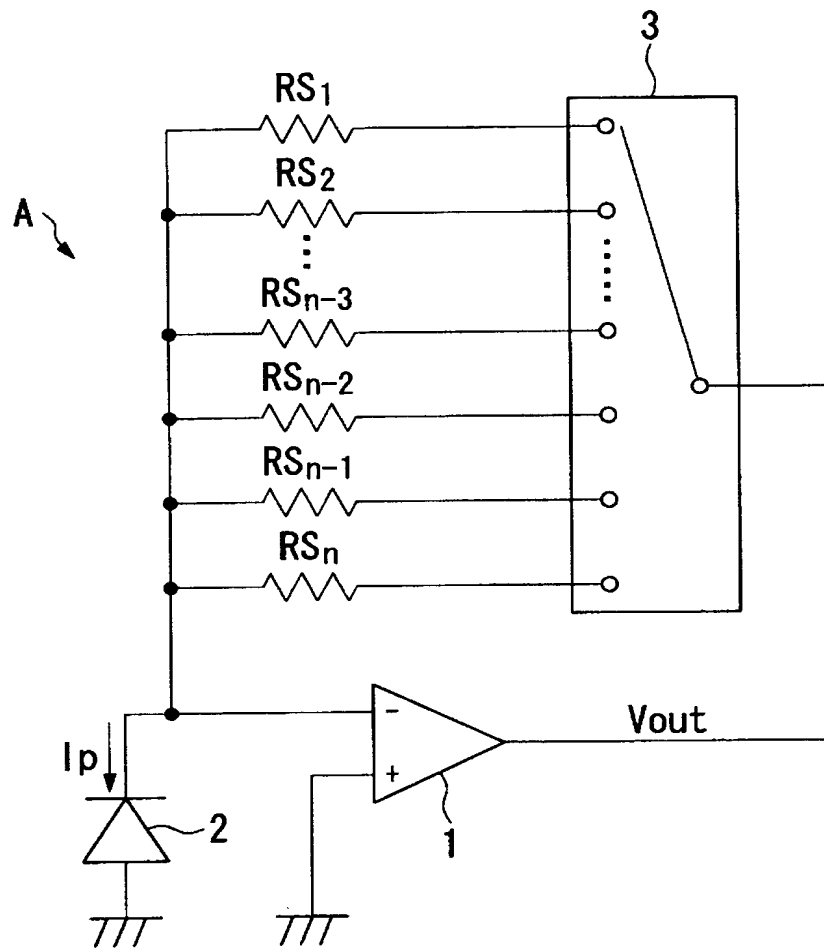
【図 2】



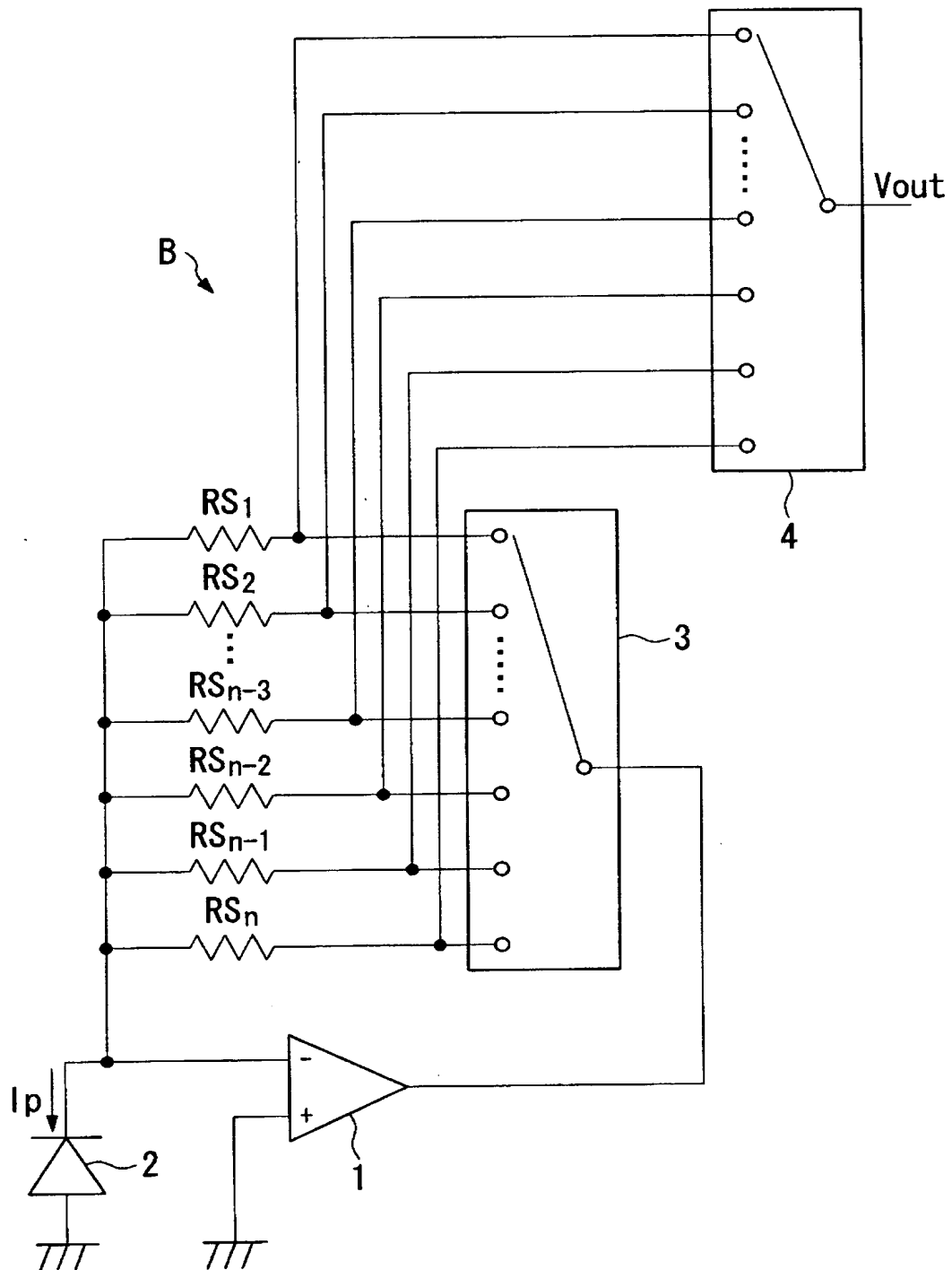
【図 3】



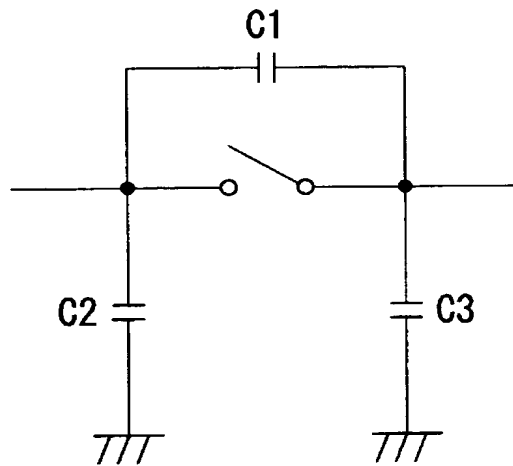
【図 4】



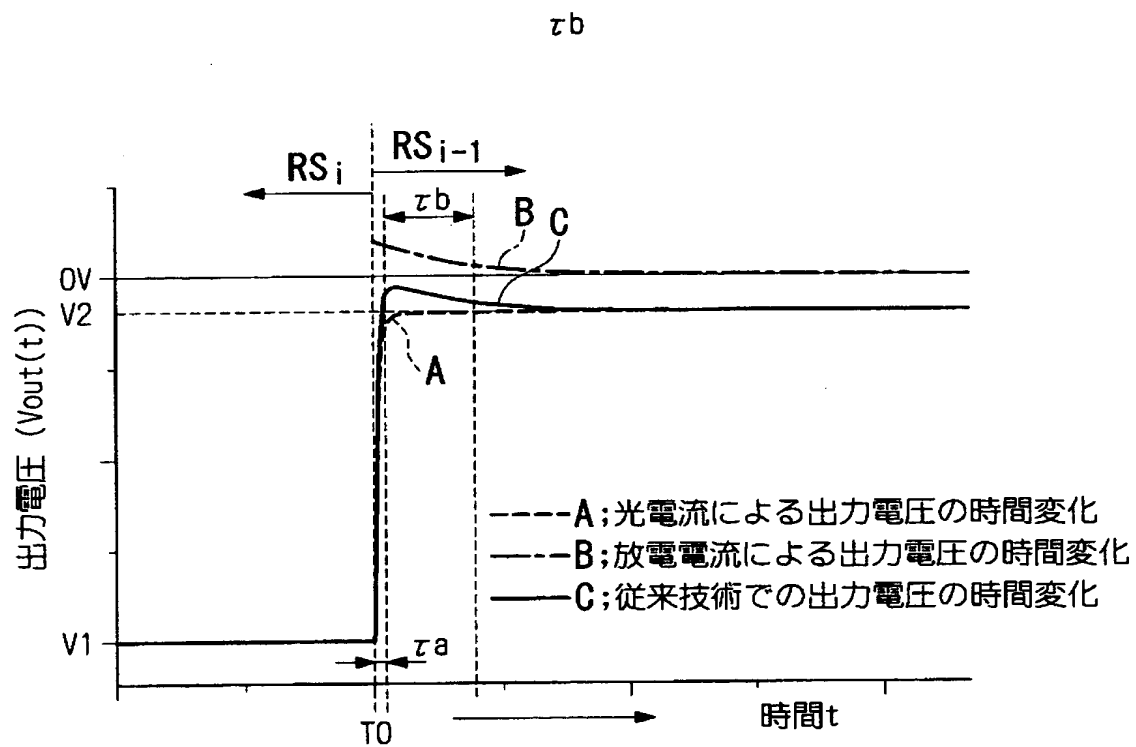
【図 5】



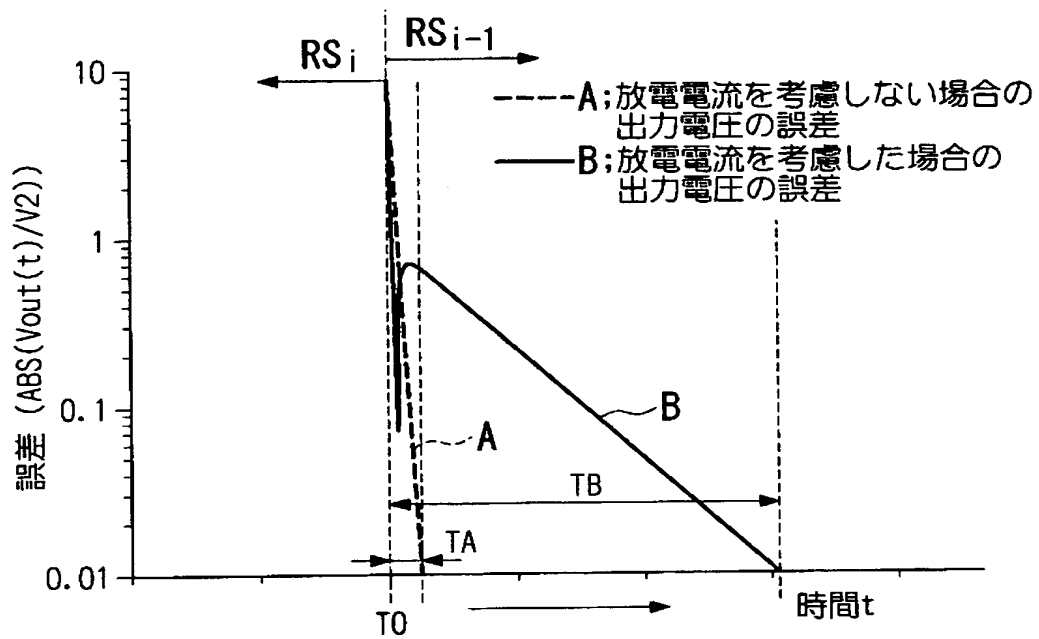
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高強度から低強度の光量を連続的に高速測定する。

【解決手段】 演算増幅器 1 と、当該演算増幅器 1 の反転入力端に接続され、被検出光の光量に応じた信号を出力するフォトダイオード 2 と、抵抗値が各々異なる複数のフィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn}$ と、これらフィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn}$ のうち、最大抵抗値のフィードバック抵抗 R_{Sn} を除く他のフィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn-1}$ の各一端が接続された入力端あるいは前記最大抵抗値のフィードバック抵抗 R_{Sn} の一端に代えて無接続状態とされた入力端を選択的に演算増幅器 1 の出力端に接続するアナログスイッチ 3 とを備え、前記最大抵抗値のフィードバック抵抗 R_{Sn} は、一端が演算増幅器 1 の出力端に接続される一方、他端が演算増幅器 1 の反転入力端に接続され、他のフィードバック抵抗 $R_{S1} \sim R_{Sn-1}$ の他端は演算増幅器 1 の反転入力端に接続される。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 2 4 5 3 4 3
受付番号	5 0 2 0 1 2 6 1 1 9 3
書類名	特許願
担当官	第七担当上席 0 0 9 6
作成日	平成 1 4 年 8 月 2 7 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	599089239
【住所又は居所】	熊本県上益城郡益城町大字田原 2 0 8 1 番地 2 8
【氏名又は名称】	九州安藤電気株式会社

【特許出願人】

【識別番号】	000117744
【住所又は居所】	東京都大田区蒲田五丁目 2 9 番 3 号
【氏名又は名称】	安藤電気株式会社

【代理人】

申請人	
【識別番号】	100064908
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 O R ビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】	100108578
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 O R ビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】	100089037
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 O R ビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	渡邊 隆

【選任した代理人】

【識別番号】	100101465
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 O R ビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	青山 正和

次頁有

認定・付加情報（続き）

【選任した代理人】

【識別番号】 100094400

【住所又は居所】 東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ
ル 志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】 鈴木 三義

【選任した代理人】

【識別番号】 100107836

【住所又は居所】 東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ
ル 志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】 西 和哉

【選任した代理人】

【識別番号】 100108453

【住所又は居所】 東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ
ル 志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】 村山 靖彦

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [5 9 9 0 8 9 2 3 9]

1. 変更年月日	2 0 0 1 年 7 月 1 1 日
[変更理由]	住所変更
住 所	熊本県上益城郡益城町大字田原 2 0 8 1 番地 2 8
氏 名	九州安藤電気株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 1 1 7 7 4 4]

1. 変更年月日	2 0 0 1 年 4 月 1 3 日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都大田区蒲田五丁目 2 9 番 3 号
氏 名	安藤電気株式会社